



Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

VŠB -Technical University of Ostrava



Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Faculty of Mechanical Engineering

Department of Machining and Assembly

Progresivní využití nových obráběcích technologií při výrobě forem a nástrojů

Progressive Use of New Manufacturing Technologies in the Production of Molds and Tools

Student:

Radek Stejskal

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Josef Brychta

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student: **Radek Stejskal**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Progressivní využití nových obráběcích technologií při výrobě forem a nástrojů**
Progressive Use of New Manufacturing Technologies in the Production of Molds and Tools

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor současného stavu v IB.
2. Moderní světové trendy.
3. Porovnání navrhovaného řešení.
4. Technicko ekonomické zhodnocení.

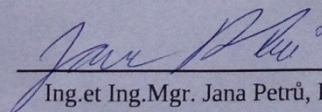
Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] VASILKO, Karol; NOVÁK-MARCINČIN, Jozef; HAVRILA, Michal. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
- [2] NESLUŠAN, Miroslav; TUREK, Stanislav; BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; TABAČEK, Marian. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [3] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef; *Top trendy v obrábaní, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábaní, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.

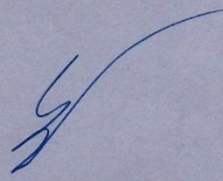
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Dr.Ing. Josef Brychta**

Datum zadání: 13.12.2013
Datum odevzdání: 19.05.2014


Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry

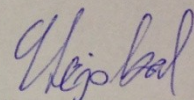



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě15.5.2014.....

..........

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 15.5.2014

.....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Radek Stejskal

Adresa trvalého pobytu autora práce: Orlice 278, 561 51 Letohrad

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Bakalářská práce se zabývá nejmodernějšími trendy v obrábění, využívaných při výrobě forem a nástrojů. Cílem bakalářské práce je pojmenovat nejnovější světové trendy v obráběcích technologiích a navrhnout jejich využití ve firmě Isolit – Bravo, spol. s r. o.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vstřikovací forma, progresivní obrábění, materiály nástrojů, polymer, obrábění za sucha.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

The bachelor thesis deals with the latest trends in cutting used in the manufacture of molds and tools. The aim of this work is to identify the latest global trends in machine technology and suggest their utilization in Isolit - Bravo, spol. s r. o.

KEYWORDS

Injection mold, progressive tooling, materials for tools, polymer, dry machining.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STEJSKAL, R. *Progresivní využití nových obráběcích technologií při výrobě forem a nástrojů: Bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 2014. s. 55. Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Josef Brychta

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce panu prof. Dr. Ing. Josefu Brychtovi za ochotu a cenné konzultace v průběhu vytváření bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat řediteli firmy Isolit – Bravo, spol. s r.o. kterým je pan Ing. Kvido Štěpánek za umožnění spolupráce. Detailní problematiku obrábění ve firmě Isolit – Bravo, spol. s r.o. jsem konzultoval s panem Bc. Petrem Šťovíčkem, kterému děkuji za vstřícnou spolupráci.

Na závěr bych rád poděkoval rodině a přítelkyni za podporu a trpělivost během celého studia.

OBSAH

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ÚVOD | 9 |
| 2. TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ | 11 |
| 2.1 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VLASTNOSTI A KVALITU VÝLISKU | 12 |
| 2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJE | 12 |
| 2.2 PLASTY | 14 |
| 2.2.1 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ | 14 |
| 2.2.2 DRUHY ŘETĚZCŮ V POLYMERECH | 15 |
| 2.3 VSTŘIKOVACÍ FORMY | 17 |
| 2.4 MATERIÁLY FOREM | 21 |
| 2.4.1. NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ OCELI VE FIRMĚ Isolit – Bravo, spol. s r. o. | 22 |
| 3. TECHNOLOGIE VÝROBY VSTŘIKOVACÍCH FOREM | 24 |
| 3.1 ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ | 24 |
| 3.1.1 ELEKTROJISKROVÉ HLOUBĚNÍ | 25 |
| 3.1.2 ELEKTROJISKROVÉ ŘEZÁNÍ | 26 |
| 3.2 TŘÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ | 27 |
| 4. TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ | 29 |
| 4.1 STŘÍHÁNÍ | 30 |
| 4.1.1. STŘÍŽNÁ PLOCHA A JEJÍ KVALITA | 31 |
| 4.2 TAŽENÍ | 32 |
| 5. SOUČASNÝ STAV VE FIRMĚ ISOLIT-BRAVO spol. s r. o. | 33 |
| 5.1 STROJNÍ VYBAVENÍ | 37 |
| 5.2 SOFTWARE VYBAVENÍ | 38 |
| 6. MODERNÍ SVĚTOVÉ TRENDY V OBRÁBĚNÍ | 39 |
| 6.1 VYSOKORYCHLOSTNÍ OBRÁBĚNÍ - HSC | 39 |
| 6.2 DRY, MQL, FLOOD COOLING | 40 |
| 6.3 VYSOKOOBJEMOVÉ OBRÁBĚNÍ – HVC | 42 |
| 6.4 HARD MACHING | 43 |
| 6.5 HPC - VYSOCE VÝKONNÉ OBRÁBĚNÍ (High Performance Cutting) | 43 |
| 6.6 HFC – OBRÁBĚNÍ VYSOKÝMI POSUVY (High Feed Cutting) | 43 |
| 7. MODERNÍ NÁSTROJE PRO CNC OBRÁBĚNÍ | 44 |
| 7.1 MATERIÁLY ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ | 44 |
| 8. VYUŽITÍ MODERNÍCH TECHNOLOGIÍ VE FIRMĚ Isolit – Bravo, spol. s r. o. | 46 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 8.1 POUŽITÍ MODERNÍCH TECHNOLOGIÍ PŘI VÝROBĚ FOREM A NÁSTROJŮ | 46 |
| 8.2 EFEKTIVNĚJŠÍ VÝROBA TEMPERAČNÍCH KANÁLŮ | 47 |
| 8.3 INVESTICE DO STROJNÍHO VYBAVENÍ..... | 47 |
| 8.3.1 MODERNIZACE STROJŮ PRO ELEKTROEROZIVNÍ HLOUBENÍ..... | 48 |
| 8.3.2 NAVÝŠENÍ VÝROBNÍ KAPACITY PRO VÝROBU ROTAČNÍCH SOUČÁSTÍ..... | 49 |
| 8.3.2.1 MOTÚČKO..... | 50 |
| 9. ZÁVĚR | 51 |
| POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE..... | 52 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ..... | 54 |

1. ÚVOD

Pro zpracování bakalářské práce jsem zvolil spolupráci s ryze českou firmou Isolit – Bravo, spol. s r. o. Firma s více než devadesátiletou tradicí je významným zaměstnavatelem ve svém regionu. Je uznávaným dodavatelem kvalitních výrobků pro světově proslulé společnosti. Zákazníky nacházejí především v automobilovém průmyslu, dále v odvětví přístrojů pro zdravotnictví a také v segmentu spotřebičů pro domácnost. Vedle toho vyrábějí vlastní výrobní program Bravo. Firma má v přibližně 450 zaměstnanců, roční obrat se pohybuje přes 900 mil. Kč, export činí 60%. K dosažení úspěšné realizace svých projektů používají nejmodernější stroje, zařízení a technologie.

Konstrukce a následná výroba forem v nástrojárnách pro lisovací a vstřikovací technologie výroby plastových výlisků je v České republice značně rozšířena. Výlisky jsou uplatňovány zejména v automobilovém a elektrotechnickém průmyslu, ale také i v dalších odvětvích, např. výroba domácích spotřebičů, spotřebního zboží a zdravotnictví.

Na výrobce těchto forem jsou kladeny čím dál větší požadavky na kvalitu, přesnost a rychlost vyrobení formy. Proto je nedílnou součástí moderní strojní vybavení nástrojárny. Stále větší míra automatizace je bohužel v tomto odvětví těžko použitelná, protože při výrobě forem se jedná o kusovou výrobu. Snížení nákladů docílíme vyšším počtem bezobslužných pracovišť. Naopak již u samotného lisování plastů je automatizace samozřejmostí, jedná se o série tisíců výlisků.

Technologie obrábění tvoří ve strojírenství jednu z hlavních kategorií. Na konečnou podobu a cenu vyráběné součástí má vliv značná řada faktorů. Před zahájením výroby je třeba zvážit, jaké požadavky na výrobek budou kladeny. Z důvodů ekonomického hlediska a zachování konkurenceschopnosti na trhu je zvolení správné technologie obrábění včetně nástrojů, řezných parametrů a případně chladicích kapalin velmi důležitým aspektem. Značné cenové rozmezí výrobních nákladů a kvalit různých výrobních procesů nás nabádá k pečlivému zvážení finální metody.

Velký důraz je požadován vysokou životností řezných nástrojů. Výměny řezné části nástroje jsou běžnou praxí současného obrábění. Pro každou kategorii obráběných materiálů je důležité zvolit vhodný materiál nástroje a také řezné podmínky, tak aby obrábění bylo produktivní a hospodárné.

Z ekonomického a ekologického hlediska se rozhodujeme, zda použít technologie obrábění, které pro svůj správný průběh potřebují chladicí kapalinu. Procesní kapaliny pomáhají prodloužit životnost nástroje, zlepšují jakost obrobeného povrchu a odvádějí teplo z místa řezu. Záporům je ovšem pořizovací cena, odstraňování nečistot a také náročná ekologická likvidace chladicích kapalin. I z tohoto důvodu se snažíme omezit jejich použití a nahradit je vysoko-posuvovým obráběním za sucha, které umožňuje obrábění již zakalených polotovarů. Nové druhy otěruvzdorných a tepelně odolných povlaků řezných částí nástroje vykazují dobrou životnost nástroje i dobrou jakost obrobené plochy.

Cílem bakalářské práce je pojmenovat nejnovější světové trendy v obráběcích technologiích a navrhnout jejich využití ve firmě Isolit – Bravo, spol. s r. o.

2. TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

Vstřikováním se zhotovují výrobky, které mají výslednou podobu konečného výrobku nebo jsou to polotovary, které čekají další výrobní operace, další část tvoří díly pro zkompletování sestav. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou opakovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces nepřerušovaný, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky. [2]



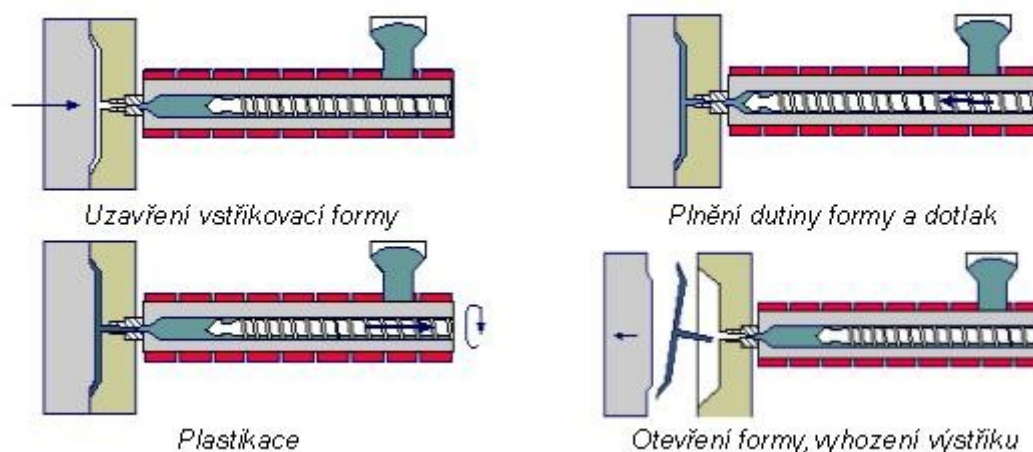
Obr. 1 Ukázka vylisků z firmy Isolit – Bravo, spol. s r.o. [3]

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je množství zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuto velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu se v ní stále doplňuje během cyklu. Výhody vstřikování jsou krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s vyhovujícími tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou. Pro různé povrchové úpravy slouží pokovovací linky.

Hlavní nevýhodou v porovnání s ostatními metodami zpracování plastů jsou vysoké vstupní náklady a dlouhá doba nutná pro výrobu formy. Ve firmě Isolit – Bravo, spol. s r.o. je lhůta od objednání formy po první vylisovaný vzorek 12 až 15 týdnů. Samotná výroba formy trvá 6 až 8 týdnů. Další nevýhodou je potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem.

Postup vstřikování je následující: plast v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž je odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje (šnekem, pístem), která hmotu dopravuje do tavicí komory, kde za současného účinku tření a topení plast taje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. Plast předává formě teplo a ochlazením ztuhne ve finální výrobek. Potom se forma otevře a výrobek je odebrán a celý cyklus se opakuje. [2]

Vstřikovací cyklus tvoří návaznost přesně specifikovaných úkonů. Jedná se o proces neizotermický, během něhož plast prochází teplotním cyklem. Při popisu vstřikovacího procesu je nutno jednoznačně definovat jeho počátek. Za počátek lze považovat okamžik odpovídající impulsu k uzavření formy. [2]



Obr. 2 Vstřikovací cyklus [2]

2.1 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VLASTNOSTI A KVALITU VÝLISKU

O mechanických a fyzikálních vlastnostech výstřiku, a o jeho kvalitě rozhoduje druh plastu, technologické parametry, konstrukce formy a volba stroje. Jednotlivé parametry nepůsobí samostatně, ale vždy se ovlivňují navzájem. [2]

2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJE

Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací

Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky, z řízení a regulace. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací je na obrázku č. 3. [2]

A detailed technical cross-section drawing of a mechanical assembly, likely a pump or valve mechanism. The drawing is labeled with numbers 1 through 17, corresponding to the following parts:

- 1: Bolt
- 2: Nut
- 3: Flange
- 4: Seal
- 5: Housing
- 6: Shaft
- 7: Impeller
- 8: Impeller Vane
- 9: Impeller Hub
- 10: Impeller Nut
- 11: Impeller Lock Washer
- 12: Impeller Lock Nut
- 13: Impeller Lock Washer
- 14: Impeller Lock Nut
- 15: Impeller Lock Washer
- 16: Impeller Lock Nut
- 17: Impeller Lock Washer

The assembly consists of a central shaft (6) passing through a housing (5). The shaft is secured by a series of lock nuts (10, 12, 14, 16) and lock washers (11, 13, 15, 17). The impeller (7) is mounted on the shaft and is secured by a flange (3) and a seal (4). The impeller has multiple vanes (8) and is connected to the shaft by an impeller hub (9). The entire assembly is shown in a cross-section view with hatching indicating different materials.

(1 – doraz, 2 – tyč vyhazovače, 3, 5 – upínací desky, 4 – forma, 6 – vstřikovací tryska, 7 – špice šneku, 8 – zpětný uzávěr, 9 – šnek, 10 – tavící komora, 11 – topná tělesa, 12 – násypka, 13 – granule plastu, 14 – deska vyhazovačů, 15 – kotevní deska, 16 – vyhazovače, 17 – výstřík)

2.2 PLASTY

Polymery jsou látky – materiály se kterými se setkáváme každý den i v běžném životě. Nazýváme je také jako makromolekulární látky. Tento název vznikl z faktu, že se skládají z velkých až obřích molekul. Polymery vznikají neobvyklým procesem – polymerací, z malých molekul organických látek (monomerů), které obvykle obsahují alespoň jednu dvojnou vazbu. Polymerací vzniká tzv. makromolekulární řetězec, který představuje základní součást polymerů. [1]

Nejčastější materiály výlisků ve firmě Isolit – Bravo, spol. s r.o.

PC - Polycarbonat - použití na mechanicky velmi namáhané průhledné díly ve strojírenství.

PP – Polypropylen - patří mezi nejběžnější plasty, použití nachází v mnoha odvětvích potravinářského nebo textilního průmyslu.

POM – Polyoxymethylen - technický plast s vysokou pevností a houževnatostí i při nízkých teplotách.

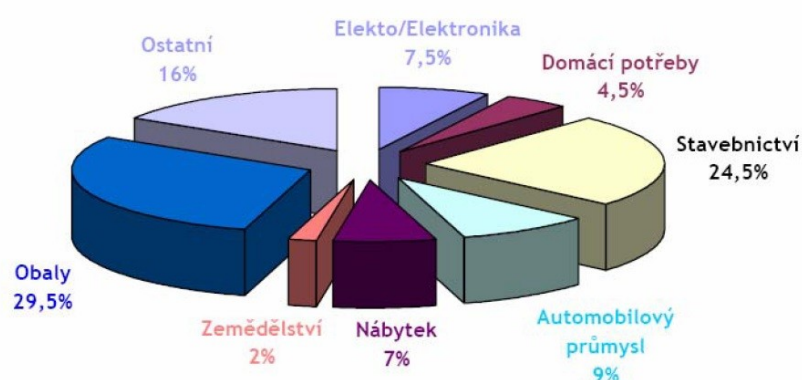
2.2.1 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ

Termoplasty jsou polymery, které jsou za běžných podmínek charakterizovány většinou jako tvrdé a nepříliš houževnaté. Při zvýšených teplotách se stávají plastickými a mohou se tvarovat. Z toho vyplývá jejich název termoplasty. Tato změna vlastností v závislosti na teplotě je vratná. Mezi termoplasty patří např. polyetylén, polyvinylchlorid, který se širší veřejnosti zná jako PVC, polypropylén, polymethylmetakrylát, známý jako plexisklo. [1]

Reaktoplasty vznikají obvykle polymerací, která má charakter chemické reakce. Při svém vzniku mohou být tvarovány. Po dokončení reakce se stávají reaktoplasty tvrdými, křehkými a již netvarovatelnými materiály. Jeden z nejznámějších reaktoplastů je bakelit neboli polyfenolformaldehyd. [1]

Elastomery jsou polymery, které mají schopnost vysoké elastické deformace, až několik set procent při působení nízkých napětí. Nejpočetnější skupinu elastomerů reprezentují kaučuky, které vycházejí z přírodního kaučuku a z nichž se vyrábějí různé druhy pryží. [1]

Polymery nacházejí v současnosti uplatnění v celé řadě průmyslových odvětví. Nejvyšší podíl výroby polymerů nepřipadá na konstrukce, ale na obalovou techniku. Světová spotřeba je rozdělena podle odvětví. Procentuální znázornění je uvedeno na obrázku č. 4. [1]



Obr. 4 Rozdělení světové spotřeby polymerů dle jednotlivých odvětví (rok 2005) [1]

2.2.2 DRUHY ŘETĚZCŮ V POLYMERECH

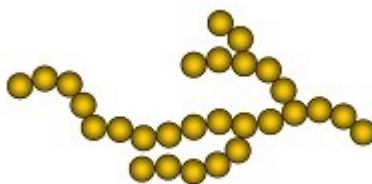
Různé makromolekulární řetězce vznikají v závislosti na druhu polymeru a podmínkách polymerace. V polymerech rozlišujeme následující druhy makromolekulárních řetězců. [1]

Jednoduchý (lineární) řetězec je tvořen jednou osou – páteř řetězce. Jednoduché řetězce reprezentují převážně termoplasty. Kuličky na obrázku představují skupiny atomů. [1]



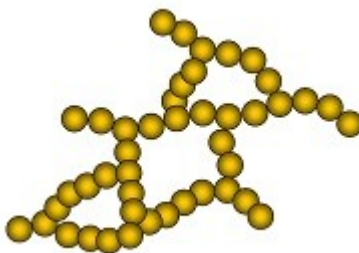
Obr. 5 Jednoduchý (lineární) řetězec – schematické znázornění [1]

Rozvětvený řetězec je takový, který se větví. Má jednu hlavní osu, ze které vycházejí boční větve. I ty se mohou dále větvit. Pro termoplasty jsou typické i rozvětvené řetězce. Ke vzniku těchto řetězců je potřebné upravit podmínky polymerace. [1]



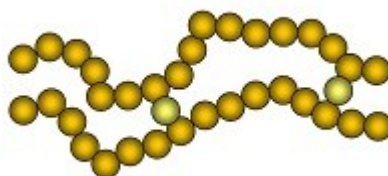
Obr. 6 Rozvětvený řetězec – schematické znázornění [1]

Prostorově zesítený řetězec je charakterizován prostorovou sítí, jak vyplývá z jeho názvu. Nachází se hlavně v reaktoplastech např. polyfenolformaldehyd neboli bakelit. [1]



Obr. 7 Prostorově zesítený řetězec – schematické znázornění [1]

Slabě (částečně) zesítený řetězec je složen většinou z jednoduchých řetězců, které jsou v malém množství (cca 0,5 – 2%) příčně propojeny. Tyto řetězce jsou typické pro elastomery. [1]



Obr. 8 Slabě zesítený řetězec – schematické znázornění [1]

2.3 VSTŘIKOVACÍ FORMY

V průběhu své životnosti jsou formy namáhány vysokými tlaky. Požadavky na výlisk jsou ovšem přísné a forma musí být vyrobena tak, aby po celý průběh výroby zachovala co nejvyšší požadovanou kvalitu a rozměrovou přesnost výlisku. Pro velké série jsou formy vždy po určitém množství vyrobených výlisků podrobeny generální kontrole, kde je umožněno technologií navařování a dalšího obrábění upravit tvarové části do původních tvarů a rozměrů, které byly v průběhu výroby opotřebený. Materiály forem jsou voleny podle několika základních faktorů, kterými jsou druh zpracovávaného plastu, velikost výrobku a jeho další parametry, počet vyrobených výlisků, požadovaná přesnost, tepelná odolnost, odolnost proti opotřebení a korozi. Důležitou roli hrají tvarové části, které musejí být tepelně zpracovány. Požadavky na ně jsou závislé na velikosti série vyráběných výlisků. Po otevření formy musí být umožněno jednoznačné a rychlé vyjmutí výrobku, vše za plně automatizovaného provozu. Z důvodu smršťitelnosti materiálu, které nastane po ztuhnutí vstříknuté hmoty, musí být tvarová část formy o tuto hodnotu větší.



Obr. 9 Ukázka vstříkovacích forem z firmy Isolit – Bravo, spol. s r.o. [3]

Dalším důležitým parametrem formy je jakost povrchu tvarových částí, která určuje vzhled výsledného výstřiku. Funkční plochy dělíme na matné, lesklé a sezonové. Doporučené drsnosti povrchu pro funkční části formy jsou znázorněny na tabulce č. 1. [7]

Tab. 1 Drsnosti povrchu tvarových částí. [7]

| Drsnost R_a | Obrobená a požadovaná jakost ploch |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 0,05 | nejpřesnější tvárnice a tvárníky s opracováním na vysoký lesk |
| 0,1 | tvárníky a tvárnice s opracováním na běžný lesk |
| 0,2 | tvárníky a tvárnice s dokonalým povrchem |
| 0,4 | tvárníky a tvárnice s matným povrchem opracování dosedacích ploch |
| 0,8 | opracování tvárníc a tvárníků u běžných forem a u dosedacích ploch |
| 1,6 | opracování tvárníc a tvárníků méně náročných forem a dosedacích ploch |

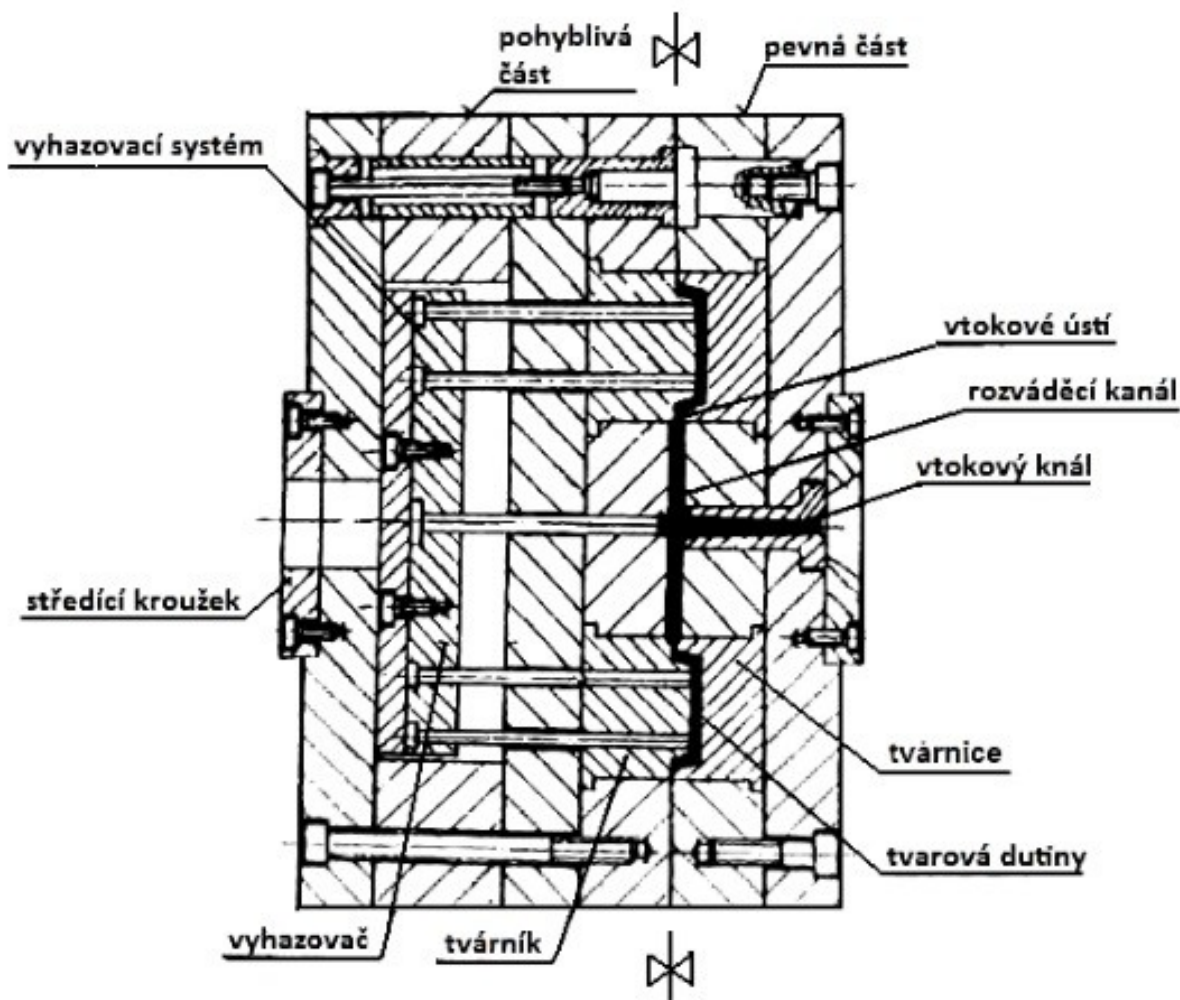
Rozdělení vstřikovacích forem podle:

násobnosti: jednonásobné a vícenásobné

způsobu zaformování a konstrukčního řešení: dvoudeskové, třideskové, etážové, čelistové, vytáčecí

konstrukce vstřikovacího stroje: formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu a na formy se vstřikem do dělicí roviny.

Forma pro vstřikování plastů je tvořena konstrukčními a funkčními částmi. Konstrukční části umožňují správnou funkci nástroje. Funkčními částmi prochází vstříknutá hmota, která kopíruje tvar dutiny. Nezbytnou součástí formy jsou systémy: chladičí (temperanční), vtokový, vyhazovací, upínací a vodící. Konstrukce vstřikovací formy je uvedena na obrázku č. 10. [7]



Obr. 10 Hlavní části vstřikovací formy [7]

Vtokový systém tvoří systém kanálů a ústí vtoku. Jeho správná činnost má velký vliv na kvalitu, jakost a produktivitu výroby vylisku. Vtoková soustava je navržena v závislosti na počtu a rozmístění tvarových dutin. Při vstřikování termoplastů ovlivňuje umístění vtoku proudění taveniny, vznik tzv. studených spojů, orientaci makromolekul, rovnoměrnost krystalizace a povrchový vzhled. Cílem konstrukčního řešení vtoku je co nejkratší cesta taveniny, tak abychom minimalizovali tlakové a teplotní ztráty. Dalším požadavkem je, aby tavenina vyplnila tvarovou dutinu formy ve všech částech pokud možno ve stejném čase. [7]

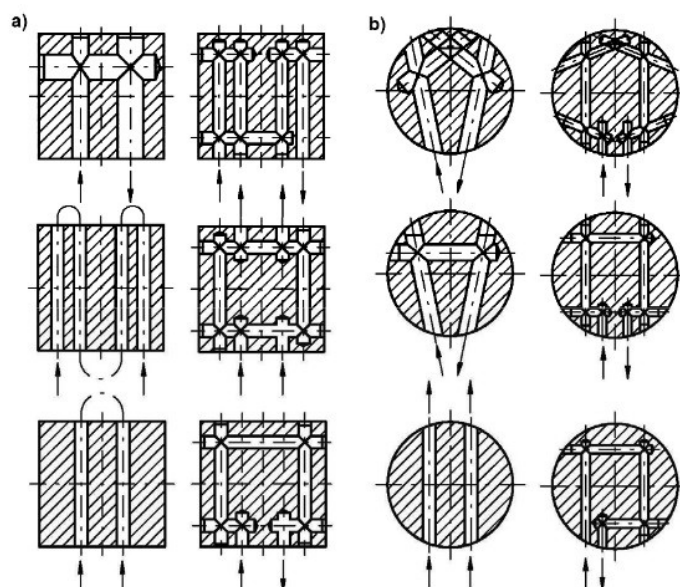
Požadované teploty jsou uvedeny v tabulce č. 2. Zásadním požadavkem na vícenásobné vstřikovací formy je současné plnění všech tvarových dutin formy za stejných technologických podmínek. Jedná se o stejnou teplotu taveniny a stejný vnitřní tlak. [7]

Tab. 2 Požadované teploty formy a taveniny. [7]

| Termoplast | Teplota taveniny [°C] | Teplota formy [°C] |
|-------------------|------------------------------|---------------------------|
| ABS | 190-250 | 50-85 |
| PA 6 | 230-290 | 40-120 |
| PC | 280-320 | 85-120 |
| HDPE | 180-270 | 20-60 |
| LDPE | 180-270 | 20-60 |
| PMMA | 200-250 | 50-80 |
| POM | 180-220 | 50-120 |
| PP | 170-280 | 20-100 |
| PS | 180-260 | 55-80 |
| PVC tvrdé | 190-220 | 30-60 |
| SAN | 200-260 | 50-85 |
| PSU | 340-400 | 120-160 |
| PAEK | 380-430 | 160-220 |
| LCP | 310-360 | 65-95 |

V případě vícenásobné vstřikovací formy volíme uspořádání tvarových dutin do hvězdy z důvodu rovnoměrného plnění taveninou všech tvarových dutin, které je ve stejném čase a o stejném tlaku. Pro uspořádání v řadě se musí počítat s korekcí ústí vtoku neboli změnou rozměrů rozváděcích kanálů směrem ke vzdálenějším dutinám. [7]

Výroba plastových výlisků se pohybuje v řádech tisíců kusů. Z ekonomického hlediska je důležité dosáhnout rychlého ochlazení vstříknuté hmoty, tak aby bylo umožněno rychlé vyjmutí výlisku a následné opakovatelnosti procesu. Teplota formy se udržuje na požadované výši prostřednictvím temperačního média protékajícího systémem kanálů a dutin, které jsou součástí temperačního systému znázorněného na obrázku č. 11. Snahou je rovnoměrné ochlazování hmoty tak, aby výrobek získal požadované vlastnosti. V případě nerovnoměrného ochlazování hrozí vznik trhlin a vnitřního pnutí. [7]



Obr. 11 Příklady konstrukčního řešení temperačního okruhu (1) a) hranaté desky, b) kruhové desky [7]

Nejčastějším médiem je voda, která proudí v temperačních kanálech uvnitř formy. Proudění by mělo být turbulentní a rozdíl teploty média na vstupu a výstupu je 3 až 5 °C. [7]

Tab. 3 Aktivní temperační prostředky [7]

| Typ | Výhody | Nevýhody |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| voda | dobrý přestup tepla, nízká viskozita, nízká cena, ekologická nezávadnost | použitelné do 90 °C *), vznik koroze**), usazování kamene |
| olej | možnost temperace i nad 100 °C | zhoršený přestup tepla |
| glykoly ⁵ | omezení koroze a ucpání systému | stárnutí, znečišťování prostředí |

Vysvětlivky: *) v tlakových okruzích možno vodu používat i při vyšších teplotách
**) lze potlačit upravením vody

2.4 MATERIÁLY FOREM

Pro výrobu vstřikovacích forem je nezbytná správná volba materiálů ze kterých bude vyrobena. Značným faktorem volby typu oceli pro tvarové části je množství vyráběných výlisků. Tvarové části jsou kaleny až na 54 HRC. Ve firmě Isolit – Bravo, spol. s r.o. používají oceli od světových výrobců jako např. Böhler Uddeholm nebo KIND & CO.

2.4.1. NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ OCELI VE FIRMĚ Isolit – Bravo, spol. s r. o.

1.2343 – Chrom - molybden - křemík - vanadová ocel ke kalení v oleji a na vzduchu s velmi dobrou prokalitelností, vysokou pevností za tepla a odolností proti popuštění, velmi dobrou houževnatostí a plastickými vlastnostmi při normálních i zvýšených teplotách. Dále ocel vykazuje vysokou odolnost proti vzniku trhlinek tepelné únavy a malou citlivost na prudké změny teploty (umožňuje chlazení vodou). Je dobře leštitelná a vhodná k nitridaci. Má obzvláště dobrou kalitelnost na vzduchu a ve vakuu. Po kalení vykazuje malé rozměrové deformace. Vyznačuje se rovnoměrnou a dobrou obrobitelností, pevnost je 750 MPa. Tvrdost ve stavu žíhaném na měkko max. 230 HB. Jedná se o nejpoužívanější kalitelnou ocel pro tvarové díly forem. Je méně odolná proti opotřebení a při zvýšených požadavcích na čistotu a strukturu (pro leštění) ji používáme v provedení ESP (elektrostruskově přetavená) a tepelně zpracovaná kalením dle požadavku zákazníka na 48-54 HRC. [8]

Tab. 4 Chemická analýza oceli 1.2343 [8]

Chemická analýza oceli 1.2343

| C | Si | Mn | P max | S max | Cr | Mo | V |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|
| 0,36-0,42 | 0,90-1,20 | 0,30-0,50 | 0,030 | 0,030 | 4,80-5,50 | 1,10-1,40 | 0,25-0,50 |

1.2738 – Zušlechtná legovaná ocel s nízkým obsahem síry se vyznačuje vysokou čistotou a homogenitou struktury a z toho vyplývající leštitelností, fotoleptatelností a erodovatelností. Přísada Ni a s ní spojená vysoká prokalitelnost zaručuje rovnoměrnou pevnost v celém průřezu i v tloušťkách nad 400 mm při vysoké houževnatosti. Ocel je vhodná pro nitridování, galvanické pokovování, povlakování PVD a cementování. Ocel se dodává v zušlechtném stavu a není nutné ji dále tepelně zpracovávat (využívá se dodaného stavu). Vhodná je na velké a střední formy a rámy forem pro zpracování plastů. Využití nachází u forem s menším počtem výlisků přibližně do 200 000 kusů. [8]

Tab. 5 Chemická analýza oceli 1.2738 [8]

Chemická analýza oceli 1.2738

| C | Si | Mn | P max | S max | Cr | Mo | Ni |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|
| 0,35-0,45 | 0,20-0,40 | 1,30-1,60 | 0,035 | 0,035 | 1,80-2,10 | 0,15-0,25 | 0,90-1,20 |

1.2312 - Zušlechťená ocel 1.2312 legovaná Cr - Mn - Mo s obsahem síry zaručuje výbornou obrobiteľnosť i ve zúšlechťeném stavu. Díky vysoké schopnosti zúšlechťení do hloubky materiálu je zaručena rovnoměrná pevnost v celém průřezu. Ocel nabízí výborné mechanické vlastnosti jako houževnatost, rozměrovou stálost a zároveň dobrou obrobiteľnosť a erodovatelnost. Má dobrou prokalitelnost a pevnost za tepla. Je vhodná pro nitridování, cementování a tvrdochromování. Vykazuje zlepšenou obrobiteľnosť v porovnání s W.Nr. 1.2311 díky přísadě síry. V porovnání s ocelí 1.2311 je obtížněji leštitelná. Ocel se dodává v zúšlechťeném stavu a není nutné ji dále tepelně zpracovávat. Další tepelné zpracování se doporučuje pouze ve výjimečných případech, kdy je požadována vyšší tvrdost. Pevnost v dodávaném stavu je 900 - 1100 MPa (33 HRC), tvrdost v dodávaném stavu max. 280 - 325 HB a tvrdost ve stavu žíhaném na měkko max. 230 HB. Tvrdost po kalení bývá 51 HRC. Využití pro rámy a desky forem. [8]

Tab. 6 Chemická analýza oceli 1.2312 [8]

Chemická analýza oceli 1.2312

| C | Si | Mn | P max | S max | Cr | Mo |
|-----------|-----------|-----------|-------|----------|-----------|-----------|
| 0,35-0,45 | 0,30-0,50 | 1,40-1,60 | 0,030 | 0,05-0,1 | 1,80-2,00 | 0,15-0,25 |

1.1730 – Nejpoužívanější uhlíková nástrojová ocel 1.1730 se ve většině případů používá v dodávaném žíhaném stavu. Dostatečnou tvrdost lze dosáhnout zakalením, ocel není náchylná na kalící trhliny. Materiál se vyznačuje vysokou houževnatostí, pevností a odolností vůči rázům při dostatečné povrchové tvrdosti (tvrdý povrch - houževnaté jádro). Je velmi dobrá obrobiteľnosť v žíhaném stavu a dobře se tváří za tepla. Při svařování používáme předehřev na 120 - 320 °C. Další vlastnosti: pevnost 640 - 700 MPa, tvrdost ve stavu žíhaném na měkko max. 190 HB, dosažitelná tvrdost po kalení 58 HRC. Využití pro základové desky a rámy forem. [8]

Tab. 7 Chemická analýza oceli 1.1730 [8]

Chemická analýza oceli 1.1730

| C | Si | Mn | P max | S max |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|
| 0,40-0,50 | 0,15-0,40 | 0,60-0,80 | 0,035 | 0,035 |

3. TECHNOLOGIE VÝROBY VSTŘIKOVACÍCH FOREM

Výroba vstřikovacích forem tvoří 95% produkce nástrojárny. Značná část je vyráběna z nástrojových ocelí třískovým nebo elektroerozivním obráběním. Největší zastoupení má technologie frézování. Pro snížení výrobních časů využíváme vysokoposuvového obrábění. Prostřednictvím moderních 5- osých obráběcích center dokážeme produktivně obrábět tvarově velice složité součásti.

3.1 ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ

Elektroerozivní obrábění zastřešuje několik metod, pro které je charakteristický jeden znak – úběr materiálu je vyvolán periodicky se opakujícím elektrickým popř. obloukovými výboji mezi nástrojem a obrobkem. Z obráběného materiálu jsou tavením a vypařováním odstraňovány velmi malé částice (mikročástice – volným okem neviditelné), které nesou tvar dutých kuliček a jsou odplavovány prostřednictvím dielektrické kapaliny. [12]

Dielektrická kapalina (např. petrolej, lehké strojní nebo transformátorové oleje) má důležitý vliv na celý proces eroze. [12]

Fyzikální proces úběru materiálu má komplexní průběh. Obrábění je založeno na principu dvou elektrod (musí být z elektricky vodivého materiálu), oddělených jiskrovou mezerou velikosti 0,01 až 0,50 mm, ponořených v dielektrické kapalině. Celkový proces odebrání materiálu se skládá ze střídajících se impulzních výbojů, statisticky rozložených po celé aktivní ploše nástroje. Při každém výboji dojde k narušení materiálu a na obrobku i elektrodě se vytvoří kráter. Doba vypnutí (přerušení toku elektrického proudu) umožní, aby proudící kapalina odplavila z místa narušení všechny vzniklé mikročástice. Čas přerušení musí být delší než čas deionizace kapaliny, aby se ve stejném místě nemohl udržet plynulý výboj. Charakteristické parametry elektroerozivního obrábění jsou určeny tvarem a energií impulzů, velikostí jiskrové mezery, typem a vlastnostmi dielektrika. [12]

3.1.1 ELEKTROJISKROVÉ HLOUBĚNÍ

Elektrojiskrové hloubení reprezentuje základní a zároveň nepoužívanější typ elektroerozivních metod obrábění. Uplatnění nachází při výrobě tvarově složitých částí forem, střížných nástrojů nebo zápustek, které je problematické nebo nemožné vyrobit jinou metodou. Obráběny jsou vodivé materiály bez ohledu na jejich mechanické vlastnosti. Na hranách obrobku nezůstávají žádné ořepy. Vzniká zde menší odpad než při konvenčním mechanickém obrábění. Výrobní proces lze zcela automatizovat. [12]

Mezi nevýhody elektrojiskrového hloubení patří např. nepřímá úměra mezi produktivitou obrábění a jakostí povrchu obrobené plochy, nutnost ponoření obrobku do kapaliny v průběhu obrábění, poměrně nízká produktivita při obrábění měkkých materiálů. Průběh hloubení probíhá následovně: nástrojová elektroda se při elektrojiskrovém hloubení automaticky posouvá proti obrobku a řídicí systém souběžně udržuje konstantní velikost jiskrové mezery. Elektroda má negativní tvar obrobené plochy, který je prostřednictvím výbojů kopírován do obrobku. Produktivita obrábění a jakost povrchu obrobené plochy závisí na parametrech elektrického proudu, tvaru a frekvenci výbojů, dielektrické kapaliny, materiálu nástroje a materiálu obrobku. Složitější tvary obrábíme na strojích s CNC řízením. Hloubit můžeme i jednoduchou elektrodou, jejíž pohyb je řízen po odpovídající dráze. [12]

Nástrojové elektrody volíme dle materiálu, výroby a opotřebení v průběhu konkrétního procesu elektrojiskrového obrábění. Materiál elektrody musí splňovat tyto požadavky: potřebnou elektrickou vodivost, dobrou obrobitelnost, vysoký bod tavení a dostatečnou pevnost, aby se při vlastní práci nedeformoval. K základním druhům výroby nástrojových elektrod patří obrábění, lisování, lití, prášková metalurgie, stříkání a galvanoplastika. [12]

Na opotřebení elektrody největším vlivem působí teplota tavení použitého materiálu. Dále hodnotíme opotřebení boků, rohů a konce elektrody. Ovšem nejvýznamnější kritérium, které určuje trvanlivost elektrody a vymezuje nutnost její úpravy je opotřebení rohů. [12]

Tab. 8 Materiály nástrojových elektrod [12]

| Materiál | Charakteristika |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Nejčastěji používaný materiál, je dobře obrobitelný a vykazuje nízké opotřebení |
| Grafit | Nevýhodou grafitu je znečišťování hloubicího stroje |
| | Má dobrou elektrickou vodivost, vykazuje nízké opotřebení. Měděné elektrody nepracují tak dobře jako elektrody z grafitu nebo mosazi. Jsou vhodné pro obrábění |
| Měď | karbidu wolframu. Dosahovaná drsnost povrchu je než $Ra=0,5\mu m$ |
| | Jde o drahé materiály. Používají se pro výrobu elektrod na hluboké drážky. |
| Měď - wolfram a stříbro - wolfram | Elektrody jsou vyráběny slinováním wolframu s mědí nebo stříbrem. |
| | Po slinutí již nemůže být elektroda tvarována v důsledku křehkosti materiálu. |
| Měď - grafit | Tento materiál je 1,5 až 2 krát dražší než grafit, je vhodný pro obrábění karbidu wolframu |
| Mosaz | Relativně levný a snadno obrobitelný materiál, vykazuje však vysoké hodnoty opotřebení |
| Wolfram | Pro výrobu malých děr, $D < 0,2\text{ mm}$ |

3.1.2 ELEKTROJISKROVÉ ŘEZÁNÍ

Platí zde stejné fyzikální principy jako u předchozí metody elektrojiskrového hloubení. Tato metoda elektrojiskrového obrábění se vyznačuje minimální šířkou řezu a nachází uplatnění zejména při výrobě střížných a lisovacích nástrojů a při dělení velmi pevných a tvrdých materiálů (např. elektricky vodivých keramických materiálů, slinutých karbidů, kalených ocelí, titanových slitin, superslitin atd.). [12]

Nástrojovou elektrodou je tenký drát, který se pomocí speciálního zařízení průběžně odvíjí z cívky (kvůli zamezení opotřebení) a prochází místem řezu. Drát je napínán konstantní tahovou silou (předpětí ovlivňuje přesnost) a prostor mezi obrobkem a drátem je zaplněn dielektrickou kapalinou. [12]

Drátové elektrody mají průměr 0,03 až 0,35 mm, jsou vyráběny z mědi a jejich slitin, nejčastěji z mosazi a pro velmi jemné řezy z molybdenu, které mají průměr 0,03 až 0,07 mm. V současnosti tvoří značnou část povlakované dráty s jádrem ze slitiny mědi a povlakem obsahujícím vysoké procento zinku – jádro umožňuje práci vysokými řeznými rychlostmi, povlak udržuje stabilní výboj a zaručuje vysokou jakost povrchu obrobené plochy. [12]

Požadavkem je docílení co nejpřesnějšího řezu. Mezi základní podmínky patří kvalitní stroj a také jeho řízení. Za použití CNC řídicího systému, zaručujeme přesnost odpovídající nástrojařským pracím. Některé stroje jsou vybaveny CNC řízeným nakláněním drátové elektrody v rozsahu 0° až 30° což umožňuje vyřezávat kuželovité a jiné složitější tvary. [12]



Obr. 12 Drátová řezačka - Charmilles - CUT 400 [3]

3.2 TRÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ

Je to technologický proces, při kterém dochází k vytváření nových povrchů a rozměrů polotovaru odstraňováním materiálu v podobě třísky řezným nástrojem. Z hlediska výroby vstřikovacích forem se z oblasti třískového obrábění nejčastěji používají technologie soustružení, broušení, vrtání, ale největší podíl tvoří technologie frézování. Je to nenahraditelnou technologií třískového obrábění, kde hlavní řezný rotační pohyb vykonává vícebřitý nástroj a pomocné pohyby (posuv a přísm) obrobek. Dříve se frézování používalo výhradně k obrábění rovinných ploch, ale postupným technickým vývojem a rozvojem víceosých strojů se začaly obrábět jakékoliv tvary obrobků, různé otvory, dutiny i závity, které se dříve obráběly výhradně soustružením. Kromě stroje a volby řezných podmínek má největší vliv na jakost obrobeného povrchu nástroj.

Způsob řízení dráhy nástroje prodělal také velký rozvoj a díky dnešnímu CNC řízení a podpory CAD/CAM softwarů je možné naprogramovat dráhu nástroje téměř ve všech směrech. Současné trendy v oblasti výroby vstřikovacích forem si žádají stále větší

zkracování výrobních časů a snižování nákladů na výrobu, což vede k vývoji nových nástrojů, frézovacích strategií a použití moderních frézovacích center, která umožňují obrábět i složité tvarové díly. Jde především o co největší úběr materiálu v nejkratším čase.

Při obrábění se používají procesní kapaliny, které zlepšují celý proces obrábění. Ovšem jejich složení (většinou na bázi ropy) může mít špatný vliv nejen na zdraví člověka, ale také na životní prostředí. Proto se začínají prosazovat technologie: vysokorychlostní, suché a tvrdé obrábění, u kterých použití procesních kapalin není podmínkou. [12]

4. TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ

Ve firmě Isolit – Bravo, spol. s r.o. tvoří výroba tvářecích nástrojů přibližně 5% z celkové produkce nástrojárny. Jde především o technologie tažení a stříhání, které slouží pouze pro vlastní výrobky značky Bravo. Technologie tváření představuje zpracování materiálu prostřednictvím velkých plastických deformací. Proces deformací způsobí trvalou změnu tvaru a rozměrů tělesa účinkem vnějších sil pomocí tvářecího nástroje. Působením tvářecích sil dochází k vyvolání stavu napjatosti nad mezi kluzu materiálu, jejich výsledkem je trvalá deformace požadovaného směru a velikosti bez porušení tvářeného materiálu. Vhodné je především pro plastické materiály, které umožňují trvalou deformaci bez porušení.

Význam tváření spočívá ve vysoké produktivitě práce včetně možnosti automatizace a zásadní výhodou oproti třískovému řezání je hospodárnost beztřískového zpracování s minimálním množstvím odpadu.

Tažení je tvářecí proces, který se vyznačuje jednoduchými a levnými nástroji s vysokou produktivitou. Jeho nedostatkem je poměrně malá deformace v jednom tahu a velká spotřeba energie na překonání vnějšího tření.



Obr. 13 Technologie tváření - ukázka výrobků [3]

4.1 STŘÍHÁNÍ

Způsob dělení materiálu, při kterém se materiál odděluje smykovým namáháním vyvolaným střížnými hranami nástroje (nožů, nebo střížníku a střížnice). Oddělování se děje postupně nebo současně podél čáry stříhu. Materiál se odděluje působením dvou břitů, rozdělení předchází značná deformace a hodí se pro měkké tvárné materiály menších tlouštěk. [14]

Základní operace plošného stříhání:

prosté stříhání – rozdělování materiálu

děrování – vytváření otvorů různých tvarů

vystřihování – zhotovení výstřížku oddělením materiálu po uzavřeném obrysu, vystřižená část je výrobek

vystřihování zářezů – oddělování částí v okraji, vystřižená část je odpad

přistřihování – dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých ploch

nastřihování – částečné oddělení materiálu v okraji tak, že není úplně oddělen. [14]

Tab. 9 Rozdělení stříhadel podle funkcí [14]

| | Rozdělení stříhadel podle funkcí |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| jednoduchá | jedna operace na jednom výstřížku na jeden zdvih |
| vícenásobná | na jeden zdvih větší počet stejných výstřížků |
| postupová | několik operací na více zdvihů, mezi nimiž se výlisek podává na různá pracovní místa nástroje z poslední operace vychází při každém zdvihu hotový výrobek |
| sloučená | na jeden zdvih se vyrobí dvě nebo více rozdílných součástí |
| sdružená | na jeden zdvih se provedou na výstřížku různorodé operace např. stříhání a ohýbání nebo tažení |

4.1.1. STŘIŽNÁ PLOCHA A JEJÍ KVALITA

Tvar a jakost střížné plochy závisí na vlastnostech materiálu, velikosti střížné mezery, tvaru a geometrii střížných hran, stavu napjatosti a rychlosti stříhání. Velikost střížné mezery ovlivňuje jakost střížné plochy, velikost střížné síly a trvanlivost nástroje. Správně zvolená velikost střížné mezery zaručuje, že trhliny, které při stříhání vznikají, se setkají. Optimální velikost střížné mezery je taková, při které se dosáhne kvalitní střížná plocha při nejmenší střížné síle. Velikost střížné mezery závisí na druhu a tloušťce stříhaného materiálu a pohybuje se v rozmezí 3 až 20% tloušťky plechu. Čím tlustší a měkčí materiály se stříhají, tím menší vůle se volí. Nové nástroje se zhotovují s nejmenší dovolenou střížnou mezerou (s ohledem na budoucí opotřebení). Střížná mezera je rovna polovině střížné vůle. [14]

Stříhacímu nástroji dodávají potřebnou sílu mechanické nebo hydraulické lisy. Hydraulický lis PHM 250 s lisovací silou až 250 tun je na obrázku č. 14.

Stříhadla dělíme dle funkce na jednoduchá, vícenásobná, postupová, sloučená a sdružená. Jedna operace na jednom výstřížku na jeden zdvih - to jsou stříhadla jednoduchá. Vícenásobná stříhadla charakterizuje následovný průběh: na jeden zdvih větší počet stejných výstřížků. [14]



Obr. 14 Hydraulický lis PHM 250 [3]

4.2 TAŽENÍ

Tváření, při kterém se z rovinného polotovaru (plechu), v jedné nebo několika operacích vytváří duté otevřené těleso. Tvar tělesa nelze rozvinout.

Trvalá deformace, při které vznikají z rovinných přístřihů prostorové duté výtažky, které nejsou rozvinutelné. Jde o plošné tváření, protože požadovaný tvar výtažků se dosahuje bez podstatné změny tloušťky výchozího materiálu. Výhody součástí vyrobených tváření z plechu: tuhost, sestavovatelnost, nízká hmotnost, dobrá kvalita povrchu, nízké výrobní náklady zvláště při velkosériové výrobě. [14]

Tab. 10 Rozdělení tažení [14]

| | Rozdělení tažení |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| tažení prosté | tváření rovinného přístřihu v prostorovou uzavřenou plochu bez podstatné změny tloušťky výchozího materiálu. Může být bez přidržovače nebo s přidržovačem. |
| tažení se ztenčením stěny | tváření dutého polotovaru se zmenšením tloušťky stěny výtažku z hodnoty s na s_1 |
| zpětné tažení | ve druhé operaci se provede tažení v obráceném směru vůči tažení předchozímu |
| žlábkování | vytlačování mělkých prohloubenin pro zvýšení tuhosti polotovaru |
| protahování | protahování materiálu po vnějším nebo vnitřní okraji tak, aby se vytvořila kolmí válcová plocha |
| rozšiřování | místní zvětšování průměru výchozího válcového polotovaru |
| zužování | místní zužování výchozího válcového polotovaru |
| přetahování | tváření rovinného polotovaru v prostorovou plochu |

5. SOUČASNÝ STAV VE FIRMĚ ISOLIT-BRAVO spol. s r. o.

Pro plnění náročných požadavků zákazníků, které v drtivé většině tvoří světové firmy, jako jsou např. (IKEA, Koninklijke, Philips Electronics N.V, Volkswagen AG, ŠKODA AUTO a.s.), je nezbytné špičkové strojní a softwarové vybavení. Dále je nutná znalost a využívání moderních progresivních technologií pro konstrukci a následnou výrobu forem a nástrojů. Neustálou modernizací, jak strojní tak technologickou, prochází i nástrojárna. Za posledních několik let udělala velký pokrok. Stále větší důraz se klade na bezobslužnou výrobu z důvodu produktivnější výroby a nižších mzdových nákladů a nahrazuje se značná část konvenčního obrábění obráběním na CNC strojích.

Dělení materiálu probíhá na pásové pile, jedná o polotovary z oceli a grafitu přibližně do váhy 50 kg, větší polotovary se již kupují v požadovaném rozměru. Úhlování desek je prováděno na CNC frézce, která nahradila klasické obrábění. Tvarové frézování se zdokonalilo z 3 osého na 5-ti osé obrábění. Vysokoposuvové obrábění zastupuje CNC frézovací centrum Traveller Bautz Mono. Nástroje jsou monolitní tvrdokovové frézy s povlaky od korejské firmy Widin o průměrech 0,6-16 mm. Kvalitou jsou srovnatelné s německými výrobci fréz, ovšem cenově jsou výhodnější. Plátkové nástroje jsou dodávány od německé firmy Pokolm. Břitové destičky od korejského výrobce TaeguTec. Frézování grafitu je prováděno na stroji Charmilles Mikron HSM 400, který obrábí elektrody pro elektroerozivní obrábění s automatickým výměníkem až pro 24 obráběných polotvarů.

Vrtání otvorů je prováděno na CNC vyvrtávacím centru německé firmy Auerbach, model AX3 TLF - znázorněno na obrázku č. 15. Oproti dřívější výrobě, která probíhala na radiální vrtačce MAS VR4 a horizontální vyvrtávačce TOS W 75 je tu velký pokrok. Hlubší otvory se dříve musely vyrábět na několik operací, nejdříve se zhotovil pilotní otvor a dále následovalo vrtání 2 až 3 různě dlouhými vrtáky. Prostřednictvím vyvrtávajícího centra Auerbach AX3 TLF vrtáme otvor hluboký až 1300 mm pouze jedním dělovým vrtákem se středovým chlazením od firmy Walter o průměrech 5 až 25 mm.

Jedná se o vysokotlaké vrtání, kde tuhost nástroje zaručují příruby, bohužel s nižší produktivitou než vrtání tvrdokovovým spirálovým vrtákem. Výhodou jsou nižší výrobní náklady. Při vrtání tvrdokovovým spirálovým vrtákem jsou vysoké náklady na nástroj a

problematické vrtání při křížení děr pod úhlem, kde hrozí s velkou pravděpodobností zlomení nástroje.



Obr. 15 Vyvrtávací centrum Auerbach AX3 TLF [9]

Elektroerozivní hloubicí obráběcí centra Charmilles - Roboform 40 a Charmilles - Roboform 85 již nepatří k nejmodernějším strojům ve svém oboru, nejnovější z nich je z roku 2001. Pro zefektivnění výroby bude vhodné pořídit nový stroj, který umožní progresivnější hloubění. Ovšem drátová řezačka pořízena v prosinci roku 2012, Charmilles - CUT 400 umožňuje výšku řezu až 560 mm, to je pro aktuální potřebu dostačující.

Rotační součásti jsou vyráběny na CNC soustruhu Gildemaister CTX 410, který je vhodný pro malosériovou výrobu. Při stále narůstající poptávce po Motúčku jeden CNC soustruh nestačí. Část výroby musí být přesunuta do kooperace. Broušení větších polotovarů probíhá na CNC brusce ELB BL15 HYD. Výhodou je broušení až čtyř různých tloušťek na jedno upnutí. Tvarové součásti a menší polotovary jsou broušeny na CNC brusce FS 640 Z.

Pokovování plastových výlisků se provádí na lince PylonMet VXL – jedná o vakuové naprašování vrstvy kovu na trojrozměrné plastové díly. V elektrotechnickém průmyslu nachází využití u plastových komponentů svítidel nebo u výlisků s reflexní vrstvou. V automobilovém průmyslu se takto pokovují součásti předních a zadních světel.



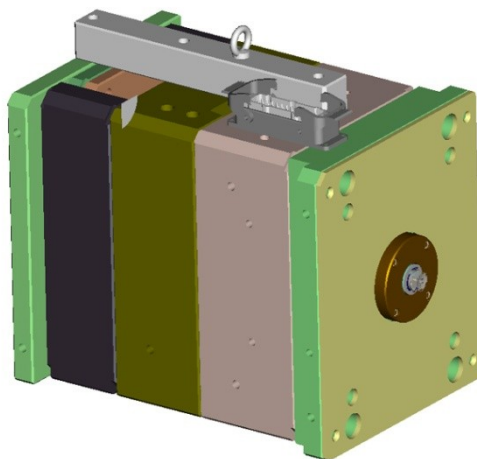
Obr. 16 Pokovovací linka PylonMet VXL [3]



Obr. 17 Ukázka pokoveného výlisku [3]

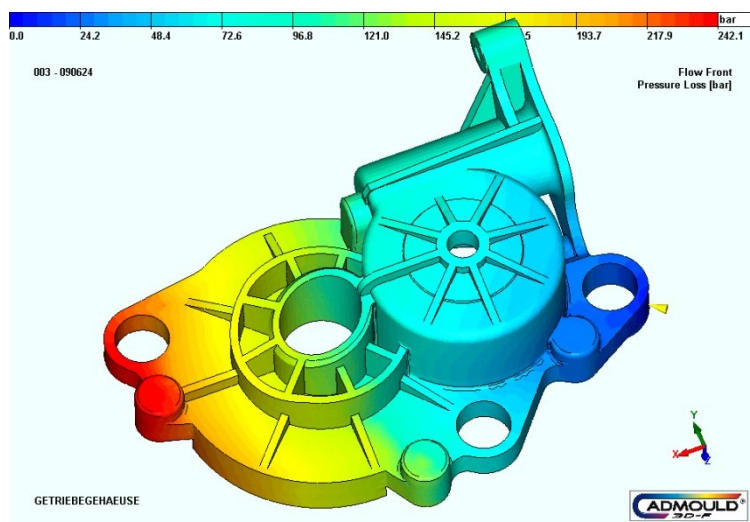
Řídicí systém pro CNC frézky a vyvrtávací centrum je HEIDENHAIN. Pro CNC soustruh a brusky je to systém Sinumerik, který je určen pro stroje, jejichž výrobcem je firma Siemens AG. WorkNC – CAM je software firmy SESCOI, speciálně vyvinutý jako doplněk konstrukčních systémů pro přípravu NC dat 2D až 5ti-osého frézování.

Pro vývoj a konstrukci vstřikovacích forem a lisovacích nástrojů jsou používány 3D systémy Pro/ENGINEER® Wildfire a Catia V5.



Obr. 18 Model - sestava formy [3]

U každé zakázky je provedena simulační analýza pro vstřikování plastů pomocí programu CadMould od firmy SIMCON. Díky mnohaletým zkušenostem v používání tohoto softwaru a ověření jeho výsledků v praxi je firma schopna zákazníkovi navrhnout a zajistit optimální tvar vylisku a tím i konstrukci formy.



Obr. 19 Ukázka - 3D analýza [3]

5.1 STROJNÍ VYBAVENÍ

CNC obráběcí centra

Deckel Maho DMU 80T - 3 osé CNC obráběcí centrum s manuálně řízenou 4 osou

Charmilles Mikron HSM 400 - 3 osé CNC obráběcí centrum na výrobu elektrod pro elektroerozivní obrábění s automatickým výměníkem obráběných polotvarů

MCV 750 Speed - 3 osé CNC obráběcí centrum

Tajmac-ZPS MCV 1210 - 3 osé CNC obráběcí centrum

Tajmac-ZPS MCV 1220 - 5 osé CNC obráběcí centrum

TOS-TEC PRIMA - Horizontální 3 osé CNC obráběcí centrum s manuálně řízenou 4 osou

Traveller Bautz Mono - 3 osé CNC obráběcí centrum

CNC vyvrtávací centra

Auerbach AX3 TLF – CNC vyvrtávací centrum

CNC brusky

ELB BL15 HYD - CNC bruska pro opracování větších polotvarů

FS 640 Z - CNC bruska pro tvarové broušení a menší polotvary

CNC frézky

TYNTECH - FTU 1250 - 3 osá CNC obráběcí frézka

CNC soustruhy

Gildemaister CTX 410 - CNC soustruh pro malosériovou výrobu

Elektroerozivní obrábění

Charmilles - CUT 400 - drátová řezačka

Charmilles - Robofil 310 - drátová řezačka

Charmilles - Robofil 440 - drátová řezačka

Charmilles - Roboform 40 - elektroerozivní obráběcí centrum

Charmilles - Roboform 85 - elektroerozivní obráběcí centrum

Charmilles - Drill 20 - propichovačka

Tušírovací lisy

REIS TUS 130 - tušírovací lis

Laserové navařování

AL 200 - mobilní laserové navařování

CRONITEX VARIO-LASER 9000 Compact - laserové navařování [3]

5.2 SOFTWARE VYBAVENÍ

Pro/ENGINEER® Wildfire - 3D systém pro konstruování

Catia V5 - 3D systém pro konstruování

SIMCON – CadMould - simulační analýzy pro vstřikování plastů [3]

6. MODERNÍ SVĚTOVÉ TRENDY V OBRÁBĚNÍ

Aktuálním trendem ve strojírenství je vysoká kvalita a efektivita výroby, jež musí splňovat další kritéria - správná technologická, ekologická a designová úroveň. Mezi další cíle patří správné hospodaření se surovinami a energií. Stále navyšující se využívání energie z obnovitelných zdrojů se nevyhnulo ani strojírenství. Neustálý pokrok vědy a techniky nám přináší nové možnosti i v obrábění. Důležitým faktorem je ovšem správné pochopení všem procesů, tak aby jejich uplatnění v praxi bylo správné a pro firmu efektivní.

6.1 VYSOKORYCHLOSTNÍ OBRÁBĚNÍ - HSC

Cílem této progresivní technologie obrábění je snížit cenu výrobku při současném zvýšení jeho kvality. Samotná definice vysokorychlostního obrábění (dále jen HSC – High Speed Cutting) není jednoznačně daná. Nelze přesně stanovit hranice, kde začíná a kde končí HSC obrábění z hlediska řezné rychlosti. Vše závisí na materiálu obrobku, konkrétní obráběcí operaci a na řezných podmínkách. Obecně lze říci, že řezná rychlost při HSC dosahuje 5x až 10x větších hodnot než při konvenčním obrábění pro určitou řeznou operaci. Vybavení provozů pro HSC obrábění mohou tvořit obráběcí stroje jak konvenční, tak i číslicově řízené s otáčkami frézovacích vřeten 10000–80000 ot/min, vřeten soustruhu 5000–15000 ot/min, s výkony od 15kW až po 60kW, s maximální rychlostí pracovních posuvů 10–40 m/min, rychloposuvů 90–120 m/min a zrychlením až 2G. [13]

Nevýhodou je vyšší opotřebení nástroje a zvýšené náklady na zajištění bezpečnosti obsluhy. Nejenže se touto technologií dají zkrátit celkové výrobní časy, ale také je možno dosáhnout velmi dobré kvality povrchu. Nejvíce se HSC technologie v současnosti využívá především ve frézování, soustružení nebo vrtání, hlavně v oblasti výroby tvarově složitých dutin vstřikovacích forem nebo zápustek. [13]

Hlavní rozdíl mezi konvenčním a HSC frézováním kromě řezné rychlosti je v mechanismu tvoření třísky. Při vysokých řezných rychlostech se teplota třísky blíží teplotě tavení obráběného materiálu a mění se její mechanické a chemické vlastnosti. Podrobným zkoumáním řezného procesu bylo zjištěno, že čím vyšší je řezná rychlost, tím menší je oblast primární plastické deformace v oblasti třísky, dříve se dosáhne stříhové meze pevnosti a dojde k oddělení třísky skluzem v rovině stříhu pod střížným úhlem. Tříska po

průchodu rovinou stříhu téměř skokově zvýší svoji teplotu, změkne a tím pádem se sníží síla, kterou působí tříska na čelo nástroje. Klesne tak celkový řezný odpor a třecí síla mezi nástrojem a třískou, čímž se sníží i celková řezná síla. Díky rychlému odchodu třísky z oblasti styku s čelem nástroje nedojde k jejímu dodatečnému zahřátí vlivem tření a tříska nestačí předat svoje teplo do nástroje ani do obrobku. Poklesem řezných sil a odvedením přibližně 99% veškerého vzniklého tepla třískou se zvýší i přesnost obrábění a také trvanlivost nástroje. Jednou z výhod také může být to, že tříska je krátká a při použití suchého obrábění je bez zbytků procesní kapaliny, což usnadňuje její následné zpracování. [13]

HSC obrábění má oproti konvenčnímu tu výhodu, že při stejné tloušťce třísky a při zvýšené řezné rychlosti se zvyšuje i hodnota posuvu, čímž je docíleno vyššího úběru materiálu za jednotku času (a to až o 30%). Zlepšení jakosti obráběného povrchu (lze dosáhnout až Ra 0,2 mm) může v některých případech nahradit další dokončovací operace a zkrátit celkové náklady na výrobu. Hlavní výhodou je snížení celkové teploty nástroje a obrobku. Ale jsou tu i některé nevýhody, jako je zvýšené riziko úrazu obsluhujícího personálu vlivem velmi rychlých pohybů částí stroje a vyšší hladinou hluku. [13]

Softwarová nebo hardwarová chyba může mít vážné následky. Rostoucí dynamické účinky při rozběhu a zastavování vřetena vedou k vyššímu opotřebení ložisek, kuličkových šroubů a vodících částí stroje a tím také k jeho nákladné pravidelné údržbě. Oproti konvenčním obráběcím strojům mají HSC stroje mnohonásobně vyšší výkon a také umožňují provádět široké spektrum technologických operací (především 5-osá obráběcí centra). Díky 5 řízeným osám se mohou obrábět takové plochy, které byly na klasickém 3-osém stroji jen obtížně obrobitelné. V některých případech může obrábění v 5 osách nahradit elektroerozivní hloubení a tím snížit počet elektrod a náklady na jejich výrobu. [13]

6.2 DRY, MQL, FLOOD COOLING

Následující metody HSC obrábění jsou rozděleny z hlediska množství dodávané procesní kapaliny při obráběcím procesu. Lze je rozdělit do třech skupin:

DRY – suché obrábění

Doporučeným způsobem obrábění je obrábění za sucha, protože při použití řezné kapaliny se zvyšuje kolísání teplot nástroje při vstupu a výstupu ze záběru, které je příčinou vzniku tepelných trhlin.

Za určitých okolností, např. při dokončovacím obrábění korozivzdorných ocelí/hliníkových slitin, obrábění žáruvzdorných slitin nebo obrábění litin (omezení tvorby toxického prachu), může být ale výhodné použití řezné kapaliny. Nicméně nejvýhodnějším způsobem odvádění třísek z místa řezu je použití stlačeného vzduchu. [13]

Suché obrábění je obrábění bez jakékoliv procesní kapaliny. Tímto způsobem obrábění lze výrazně snížit výrobní náklady a navíc je velmi šetrné k životnímu prostředí. Lze jej však použít pouze tehdy, jsou-li zajištěny stejné kvalitativní nebo lepší parametry výroby než při obrábění s procesní kapalinou. [13]

Procesní kapaliny mají za úkol zmenšit tření mezi nástrojem a obrobkem, zvýšit odvod tepla, zajištění požadované kvality obrobené plochy a odvod třísek z místa řezu.

Při suchém obrábění tyto funkce odpadají. To může vést k rychlému opotřebení nástroje, nižší trvanlivosti břitu a horší kvalitě obrobené plochy. Mezi pozitivní efekty patří odstranění tepelných šoků, zvláště u přerušovaného řezu. Suché obrábění nelze použít vždy, zvláště pak u vrtání, vyvrtávání a řezání vnitřních závitů. [13]

MQL – (Minimal Quantity Lubrication) chlazení mlhou

Obrábění s minimálním množstvím mazání, neboli chlazení mlhou je moderní bezodpadová a ekologická technologie, při které je olejový aerosol dopraven do místa řezu stlačeným vzduchem (rychlost proudu je obvykle v rozmezí 5-30 ml/h, s ohledem na druh obráběcí operace). Olejová mlha zabraňuje tepelným šokům, kterým je nástroj vystaven při chlazení kapalinou. [13]

FLOOD COOLING – chlazení velkým objemem procesní kapaliny

Vyjadřuje chlazení velkým objemem směsi vody a oleje. Má příznivý vliv na odvod tepla z místa řezu a na třecí podmínky při odchodu třísek. Nevýhodou jsou tepelné šoky nástroje, které mají nepříznivý vliv na jeho životnost, nákladnost na pořizování kapaliny, náročnost při ekologické likvidaci použité kapaliny a horší pracovní prostředí.[13]

6.3 VYSOKOOBJEMOVÉ OBRÁBĚNÍ – HVC

Podstatou vysokoobjemového obrábění je dosahování kratších strojních časů při současném navýšení přesnosti a kvality obrobenej plochy. Jedná se o frézování nebo soustružení na víceosých CNC obráběcích strojích. Obrobené prostorové plochy jsou převážně nepravidelných a matematicky těžce definovatelných tvarů. Těchto náročných požadavků HSV technologie dosahuje prostřednictvím vysokých řezných rychlostí, především však podstatně zvýšenou rychlostí posuvu. [13]

Vysoká rychlost posuvu má za následek nárůst teploty v místě řezu, který způsobuje úbytek řezných složek a tím celkové síly obrábění. Při vhodném využití CAD/CAM systému a technologií vysokorychlostního obrábění podstatně zkracujeme výrobní čas výroby, která je představována obráběním na čisto bez následné ruční dokončovací operace. Při dokončovacích operacích tvarových částí používáme zpravidla frézy malých průměrů (do 6 mm) s kulatým čelem, znázorněna na obrázku č. 20. [13]



Obr. 20 Fréza kulová dvoubřitá [11]

6.4 HARD MACHING

Pokud se opracovává ocel s tvrdostí přes 50 HRC nebo pevností nad 2000 MPa, jedná se o tvrdé obrábění, které z důvodu snižování výrobních nákladů často nahrazuje broušení po konečném tepelném zpracování. Je však nezbytné posoudit, zda tuhost použitého výrobního zařízení, je dostatečná pro dosažení přesnosti. Při tvrdém obrábění je důležitý odvod třísek a s tím i spojený odvod tepla z místa řezu. Tím jsou kladeny mnohem vyšší nároky na vhodně zvolený materiál nástroje a oteruvzdornou vrstvu, protože nástroj je dlouhodobě vystaven teplotám převyšujících 500°C. Navíc během řezného procesu vzniká a průběžně narůstá opotřebení funkční plochy nástroje, které způsobuje zvýšení koeficientu tření a dochází tak k dalšímu zvýšení řezné teploty. [18]

6.5 HPC - VYSOCE VÝKONNÉ OBRÁBĚNÍ (High Performance Cutting)

Je další z inovačních metod obrábění. Podstatou je vysoký řezný výkon, tzn. velký minutový úběr obráběného materiálu při vysoké provozní spolehlivosti (rovnoměrnosti řezných vlastností). Tato metoda zahrnuje také obrábění nízkými řeznými rychlostmi při výrazně vyšších hodnotách posuvu. Jsou kladeny vysoké nároky na tepelnou a mechanickou odolnost nástroje. Základním předpokladem pro úspěšnou aplikaci HPC obrábění je adekvátní a schopné výrobní zařízení. U nich jsou kladeny vysoké požadavky především na posuvové rychlosti, maximální otáčky včetně jejich rychlou přestavitelnost. Je požadována automatizace a vysoká programovací podpora. Z tohoto důvodu je HPC obrábění z ekonomického hlediska vhodné především pro sériovou výrobu. [18]

6.6 HFC – OBRÁBĚNÍ VYSOKÝMI POSUVY (High Feed Cutting)

Tato metoda obrábění je založena na rychlém odstranění velkého množství materiálu při hrubování. VBD pro HFC obrábění vychází z kruhové destičky a spočívá ve změně jejího poloměru. Tím se dosáhne lepšího rozložení řezných sil, většího úběru materiálu a podmínek (tvaru obráběné plochy) pro obrábění vysokými posuvy. Minimalizuje vibrace a používá se při nestabilních řezných podmínkách. Výrazně snižuje čas obrábění a tím i snižuje náklady na výrobu. Musí být ale splněny podmínky týkající se tuhosti stroje. [13]

7. MODERNÍ NÁSTROJE PRO CNC OBRÁBĚNÍ

Důležitým faktorem je výběr správného nástroje pro danou výrobní operaci. V případě použití vhodného nástroje, technologie a řezných podmínek dosáhneme hospodárného a efektivního obrábění. Ve firmě Isolit – Bravo, spol. s r. o. tvoří náklady na nástroje přibližně 2 až 3% z ceny formy.

7.1 MATERIÁLY ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ

Aktuální trh nabízí velice široký sortiment materiálů pro řezné nástroje. Dostupné jsou materiály od nástrojových ocelí až po syntetický diamant. Různé druhy obráběných materiálů nás nutí optimalizovat materiál nástroje tak, aby obrábění bylo hospodárné. Pro správnou volbu materiálu nástroje musíme využít jednotlivé přednosti různých materiálů.

Supertvrdé materiály (polykrystalický diamant – PD a polykrystalický kubický nitrid boru – PKNB) mají vzhledem ke svým vlastnostem a vysoké ceně zcela specifické použití. Polykrystalický diamant se používá pro obrábění vláknově vyztužených kompozitů a zejména hliníkových slitin, kde lze aplikovat řezné rychlosti až do 5000 m/min. Protože diamant je uhlík v kubické modifikaci, nesmí se pro svoji vysokou afinitu k železu používat pro obrábění ocelí ani litin. [10]

Řezná keramika na bázi Al_2O_3 je užívána pro obrábění vysokou řeznou rychlostí a nízkým posuvem, protože má požadující tvrdost za tepla, ale nízkou houževnatost. Řezná keramika na bázi Si_3N_4 má vyšší houževnatost a vydrží vyšší posuvovou rychlost než keramika Al_2O_3 . Její využití je omezeno pouze na obrábění šedé litiny, při obrábění ocelí nebo tvárné litiny vykazuje velmi rychlé opotřebení. [10]

Cermety nacházejí uplatnění ve vyšších posuvových rychlostech než řezná keramika. Jedná se o rychlosti na úrovni povlakovaných slinutých karbidů. Z důvodu nízké houževnatosti je použití doposud omezeno pouze na lehké a střední řezy. Vhodné jsou na obrábění korozivzdorných ocelí. [10]

Slinuté karbidy (SK) jsou nejpevnějšími mezi tvrdými nástrojovými materiály a mohou být použity pro obrábění vysokými posuvovými rychlostmi a pro těžké přerušované řezy. Nemohou být ovšem použity pro vysoké řezné rychlosti, z důvodu nízké termomechanické stability. [10]

Povlakované slinuté karbidy jsou tvořeny pevným karbidovým podkladem a termochemicky stabilním, tvrdým povlakem (karbidy, nitridy, oxidy a jejich kombinace). Výsledkem této kombinace jsou nejvhodnější materiály pro vysoké řezné a posuvové rychlosti, velké úběry materiálu a přerušované řezy. [10]

Rychlořezné oceli mají nejvyšší houževnatost, ale ve srovnání s ostatními materiály je jejich tvrdost poměrně nízká. Z tohoto důvodu se z nich vyrábějí nástroje určené pro obrábění nízkými řeznými rychlostmi nebo tvarově složité nástroje, které nelze vyrobit z ostatních řezných materiálů. [10]

Tab. 11 Značení nástrojových materiálů podle normy ISO 513 [10]

| Materiál | | Symbol |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------|
| Nepovlakované slinuté karbidy s obsahem primárního WC | | HW |
| Nepovlakované cermety s obsahem TiC nebo TiN nebo obou | | HT |
| Povlakované slinuté karbidy a cermety | | HC |
| Řezná keramika | Oxidická ŘK s obsahem primárního Al_2O_3 | CA |
| | Směsná ŘK na bázi Al_2O_3 s neoxidickými přísadami | CM |
| | Neoxidická ŘK obsahem primárního Si_3N_4 | CN |
| | Povlakovaná ŘK | CC |
| Supertvrdé materiály | Polykrystalický diamant | DP |
| | Polykrystalický kubický nitrid boru | BN |

8. VYUŽITÍ MODERNÍCH TECHNOLOGIÍ VE FIRMĚ Isolit – Bravo, spol. s r. o.

Cílem stále pokračujícího vývoje obrábění je co nejefektivnější výroba. Snaha je dosáhnout co nejvyšší jakosti obrobené plochy, bez narušení struktury obráběného materiálu a při zachování vysoké životnosti řezné hrany nástroje.

8.1 POUŽITÍ MODERNÍCH TECHNOLOGIÍ PŘI VÝROBĚ FOREM A NÁSTROJŮ

Technologií tvrdého obrábění (hard machining) můžeme nahradit ekonomicky, ekologicky a energeticky nevýhodnou výrobní operaci broušení, která obrobený povrch značně deformuje. Jedná se o obrábění již tepelně zpracovaných ocelí s tvrdostí nad 50 HRC. Důležitým požadavkem je dostatečná tuhost stroje. Materiál nástroje musí být odolný proti vysokým teplotám, které v místě řezu dosahují až 500 °C.

Vysoce výkonné obrábění neboli HPC představuje vysoký řezný výkon, tzn. velký minutový úběr materiálu. Bohužel je vhodné vlivem vysoké automatizace pro uplatnění v sériové výrobě, což výroba forem a nástrojů nereprezentuje.

Obrábění vysokými posuvy – HFC. Vhodné použít při hrubování pro rychlé odstranění velkého množství materiálu. Tato metoda výrazně snižuje výrobní čas a tím i náklady na výrobu. Kruhové destičky mají díky svému tvaru možnost velkého počtu pootočení, které nám vytvoří vždy novou řeznou hranu. Základním požadavkem je vysoká tuhost stroje.

Vysokoobjemové obrábění – HVC. Vhodné při obrábění prostorových, nepravidelně tvarovaných ploch. Produktivního obrábění se dosaženo vysokou rychlostí posuvu. Tuto metodu můžeme použít při výrobě tvarových částí forem.

Vysokorychlostí obrábění zde rozdělím podle množství dodávané procesní kapaliny.

Suché obrábění je obrábění bez použití procesní kapaliny. Třísky jsou z místa řezu odváděny stlačeným vzduchem.

Chlazení mlhou – MQL. Moderní bezodpadová a ekologická technologie, olejový aerosol je dopraven do místa řezu stlačeným vzduchem. Olejová mlha je zabraňuje tepelným šokům, kterým je nástroj vystaven při chlazení kapalinou.

Flood Cooling neboli chlazení velkým objemem směsi vody a oleje. Nedoporučuji z důvodu použití velkého množství procesní kapaliny, vzniku teplených šoků na nástroji a zhoršení pracovního prostředí.

8.2 EFEKTIVNĚJŠÍ VÝROBA TEMPERAČNÍCH KANÁLŮ

Pro utěsnění kanálů temperačního systému slouží vnitřní a vnější ucpávky (v některých literaturách uvedeno jako zátky). Seznam nejpoužívanějších rozměrů je uveden v tabulce č. 12. Z tabulky vyplývá, že pro výrobu otvoru pro závit ucpávky, musíme použít v další operaci větší průměr vrtáku, než byl použit pro vyvrtání kanálu.

Tab. 12 Nejpoužívanější rozměry ucpávek, průměry jsou uvedeny v mm.

| závit | vrtaný průměr před závitováním | průměr kanálu |
|--------------|---------------------------------------|----------------------|
| M8x0,75 | 7,25 | 6 |
| M10x1 | 9,0 | 8 |
| M12x1,5 | 10,5 | 10 |
| M14x1,5 | 12,5 | 12 |

Na trhu jsou ovšem ucpávky o rozměrech např. M9x1, pro který je požadovaný rozměr před závitováním 8 mm. Z toho vyplývá, že po dokončení vyvrtání kanálu a následovného sražení hrany otvoru, nemusíme použít již další vrtací operaci.

8.3 INVESTICE DO STROJNÍHO VYBAVENÍ

Při nákupu nového stroje musíme vzít v úvahu několik podstatných kritérií, jako jsou návratnost investice, vliv na bezpečnost práce a dopad na životní prostředí. Dále je vhodné zakoupit stroj se stejným řídicím systémem, který je ve firmě již používán. V tomto případě je možné si vybrat ze systémů HEIDENHAIN a Sinumerik. Zvážit musíme také provozní náklady stroje a v případě poruchy dostupnost autorizované servisní opravy.

Evropský trh čelí stále větší invazi méně kvalitních CNC strojů, které pocházejí např. z Číny. Na první pohled poměrně nízká nákupní cena stroje má však svou daň v horší kvalitě výroby a životnosti stroje.

8.3.1 MODERNIZACE STROJŮ PRO ELEKTROEROZIVNÍ HLOUBENÍ

Stávající stroje pro elektroerozivní hloubení již nesplňují aktuální požadavky, jedná se o stroje s roky výroby 1993, 1994 a 2001. Jednou z možných variant obnovy strojního parku by mohla být elektroerozivní hloubička AgieCharmilles FORM 300.

Stroje pro elektroerozivní hloubení FORM 300 jsou vybaveny generátorem ISPG (inteligentní rychlý výkon), který pomocí patentovaných technologií zavádí nové standardy povrchové kvality, odstranění materiálu a přesnosti formy. Ve všech provozech zařízení, od těžkého hrubování až k jemné povrchové úpravě, s měděnými nebo grafitovými elektrodami, se snižuje opotřebení elektrod. Produktivita vykazuje průměrný nárůst o 30 procent a u předhrubovaných forem může dosáhnout dokonce 100 procent. I za přítomnosti hlubokých úzkých dutin s nedostatečnými podmínkami vyplachování lze získat nárůst rychlosti eroze o 50 procent bez zvýšení opotřebení elektrod. [6]

Vysokorychlostní obrábění. Řada FORM 300 obsahuje novou online nápovědu umožňující obsluze co nejrychleji vyhledat relevantní informace. To umožňuje zjednodušený přístup do nabídek nápovědy, přehledně uspořádané rozhraní pro navigaci, s nímž se uživatelům snadno pracuje a které se snadno ovládá, a zahrnutím vyhledávání pomocí klíčových slov nebo indexu uživatele. Příklady obrábění se vytvářejí jako kopie prezentovaná stručným způsobem. [6]



Obr. 21 Elektroerozivní hloubička AgieCharmilles FORM 300 [6]

8.3.2 NAVÝŠENÍ VÝROBNÍ KAPACITY PRO VÝROBU ROTAČNÍCH SOUČÁSTÍ

Navýšení výroby rotačních součástí bylo způsobeno z důvodu vysokého prodeje vlastního produktu Motúčko, neboli motorizovaného kolečka (podrobněji představeno na další straně). V současné době je vyšší poptávka po rotačních součásti vyřešena výrobou v kooperacích. Nárůst výrobní kapacity je možné řešit také 3 směným výrobním provozem.

V případě dalšího zvýšení poptávky po Motúčku, bude vhodné zakoupit druhý CNC soustruh. Mezi základní parametry nového stroje patří: průchod vřetene 40 mm a minimální soustružená délka 600 mm. Jedním z CNC soustruhů, který splňuje tyto požadavky a má řídicí systém Sinumerik je CNC soustruh Opti L520.



Obr. 22 CNC soustruh Opti L520 [5]

8.3.2.1 MOTÚČKO

Motúčko bylo oficiálně představeno na výstavě Flora Olomouc v srpnu roku 2009. Do dubna roku 2014 bylo prodáno přes 6000 kusů a cena základní verze je 9990 Kč. Motúčko slaví úspěchy ve stavebnictví, sadařství, vinařství, lesnictví, zemědělství, na farmách, statcích a zahradách.

Motorové kolečko má jednoduché ovládání v rukojeti. Zdroj energie tvoří dvanáctivoltový akumulátor, který pohání stejnosměrný derivační elektromotor uložený v ose kola. Využívá rekuperace, při jízdě z kopce spolehlivě brzdí a zároveň prodlužuje životnost akumulátoru.

Motúčko - technické parametry:

- **Použitý motor:** 12V, 250-400W, 2000 ot/min.
- **Akumulátor:** Panasonic, 12V, 22Ah
- **Pojezdová rychlost:** 3,2 až 4 km/hod.
- **Hmotnost:** 28 kg (celková), 13,5 kg (rám s korbou), 8 kg (pojezdová jednotka), 6,5 kg (akumulátor)
- **Nosnost:** 75 kg (užitná), 150 kg (maximální)



Obr. 23 Motúčko [4]

9. ZÁVĚR

Pro zachování konkurence schopnosti na trhu a pokračování ve zdokonalování výroby vstřikovacích forem a nástrojů je nezbytné modernizovat jak používané technologie, tak i stroje a nástroje. Při této výrobě má stále důležitý vliv člověk, který technologie provádí, proto je vhodné jeho průběžné zdokonalování znalostí a schopností. Správné pochopení a následné uplatnění těchto informací v praxi je pro kvalitu výroby velice důležité.

Výroba forem i nástrojů má v České republice velkou tradici. Firmy zabývající se touto výrobou tvoří ve svých regionech významné zaměstnavatele. Doufejme, že v následujících letech v naší zemi nedojde k úbytku této výroby.

Nároky zákazníků se neustále zvyšují, jedná se o složitější tvary, vysoké jakosti povrchu včetně následných povrchových úprav. Velkou výhodou je kompletní vybavení, které umožňuje celý průběh výroby od konstrukce formy přes výrobu formy až po hotový výlisek včetně povrchové úpravy. Pro získání zakázky je důležité navrhnout optimální cenu a požadovanou kvalitu výlisku, dalším kritériem je také důsledné dodržení termínů dodání.

Velkou výhodou termoplastů je možnost jejich dalšího použití. V případě chyby při výrobě plastových výlisků je možné jejich recyklování pro nový proces výroby.

Z moderních obráběcích technologií se jako vhodné jeví suché obrábění z finančního, ekologického, ale hlavně zdravotního hlediska. Bude vhodné minimalizovat použití chladicích kapalin, jelikož při obrábění se z nich uvolňuje atomární vodík. Při dlouhodobém působení v tomto prostředí může u člověka vyvolat rakovinu nosní sliznice.

Další vhodnou technologií je obrábění vysokými posuvy – HFC. Při hrubování dochází k odstranění velkého množství materiálu. Tato metoda výrazně snižuje výrobní čas a tím i náklady na výrobu. Kruhové destičky mají díky svému tvaru možnost velkého počtu pootočení, které nám vytvoří vždy novou řeznou hranu.

Pro příští období je velmi rozumné pokračování v obnově strojního parku, zlepšování pracovního prostředí, vzdělávání zaměstnanců a ekologické hospodaření.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] SOJKA, Jaroslav a Petra VÁŇOVÁ. *Základy progresivních konstrukčních materiálů*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012, 1 DVD-ROM. ISBN 978-80-248-2578-6. Dostupné z: http://www.person.vsb.cz/archivcd/FMMI/ZPKM/OPORA_PROGRESIVNI_MATERIAL_Y.pdf
- [2] LENFELD, Petr. *Technologie II*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006, 138 s. ISBN 80-737-2037-X.
- [3] Isolit – Bravo, spol. s r.o. [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: www.isolit-bravo.cz
- [4] Motůčko. [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: www.motucko.cz
- [5] Soustruh Opti L520. *Soustruh Opti L520* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://kp-stroje.cz/kovoobrabeni/3104-cnc-soustruh-opti-l520.html>
- [6] AgieCharmilles FORM 300. [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: http://www.gfms.com/content/gfac/country_CZ/cs/Products/EDM/die-sinking-edm/high-speed-machining/form-300.html
- [7] ŽÁK, Ladislav. *Tvářecí nástroje vstřikovací formy*. Vysoké učení technické v Brně. [online]. [cit. 2014-5-5]. Dostupné z http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf
- [8] *Převodník materiálů - PRECIZ, s.r.o.* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.preciz.cz/sluzby-hlavni/material-normal/>
- [9] AUERBACH Maschinenfabrik GmbH. [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: www.auerbach-x.de/
- [10] HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I, technologie obrábění I. část*. [online]. [cit. 2014-4-5]. Dostupné z http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf

[11] CNC shop s.r.o.: Kulová 2-břítá fréza. [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: www.cncshop.cz

[12] HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I, technologie obrábění 3. část*. [online]. [cit. 2014-4-5]. Dostupné z http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci_a_nekonvenncni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf

[13] BRYCHTA, Josef, Marek SADÍLEK, Robert ČEP a Jana PETRŮ. *Progresivní metody v obrábění: studijní opora*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011, 146 s. ISBN 978-80-248-2513-7.

[14] ČADA, Radek. *Technologie I*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2007, 1 CD-R. ISBN 978-80-248-1507-7.

[15] BRYCHTA, Josef, Marek SADÍLEK, Robert ČEP, Lenka POTŘKOVSKÁ a Jana NOVÁKOVÁ. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2007, 1 CD-R. ISBN 978-80-248-1505-3. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO/texty.pdf>

[16] HAVRILA, Michal, ZAJAC, Jozef, BRYCHTA, Josef, JURKO, Jozef. *Top trendy v obrábění, I. Část- Obráběné materiály*. Žilina: Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.

[17] NESLUŠAN, Miroslav, TUREK, Stanislav, BRYCHTA, Josef, ČEP, Robert, TABAČEK, Marian. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. Žilina: EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.

[18] OETTLE, Matthias. Tvrdé frézování v oblasti nástrojů a forem. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2005, č. 4 [cit. 2014-04-10]. Dostupný z <http://www.mmspektrum.com/clanek/tvrde-frezovani-v-oblastinastroju-a-forem> ISSN 1212-2572.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| Zkratka/Symbol | Jednotka | Popis |
|----------------|-------------------|--------------------------------------|
| IB | | Isolit – Bravo, spol. s r. o. |
| PC | | Polycarbonat |
| PP | | Polypropylen |
| POM | | Polyoxymethylen |
| PVC | | Polyvinylchlorid |
| Ra | [μm] | průměrná aritmetická úchylka profilu |
| ABC | | Akrylonitrilbutadienstyren |
| PA6 | | extrudovaný polyamid |
| HDPE | | vysokohustotní polyethylen |
| LDPE | | Low Density Polyethylene |
| PMMA | | Polymethylmethakrylát |
| PS | | Polystyren |
| SAN | | styrenakrylnitril |
| PSU | | Polysulfon |
| PAEK | | Polyaryletherketone |
| LCP | | Liquid crystal polymer |
| MPa | | Megapascal |
| HB | | tvrdost podle Brinella |
| HRC | | tvrdost podle Rockwella |
| ESP | | elektrostruskově přetavený |
| PVD | | physical vapour deposition |
| Cr | | Chrom |
| Mn | | Mangan |
| Mo | | Molybden |
| C | | Uhlík |
| Si | | Křemík |
| mm | | milimetr |
| CNC | | Computer Numerical Controlled |
| CAD | | Computer Aided Design |
| CAM | | Computer Aided Manufacturing |
| spol. s r.o. | | společnost s ručením omezeným |
| a.s. | | akciová společnost |
| AG | | Aktiengesellschaft |
| N.V. | | Naamloze vennootschap |
| kg | | kilogram |
| NC | | Numerical Control |
| HSC | | High Speed Cutting |
| ot/min | | otáčky za minutu |
| kW | | kilowatt |
| m/min | | metr za minutu |
| Dry | | suché obrábění |

| | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| MQL | Minimal Quantity Lubrication |
| ml/h | mililitr za hodinu |
| HVC | High velocity cloud |
| HPC | High Performance Cutting |
| HFC | High Feed Cutting |
| VBD | vyměnitelná břitová destička |
| PD | polykrystalický diamant |
| PKNB | polykrystalický kubický nitrid boru |
| Al ₂ O ₃ | oxid hlinitý |
| Si ₃ N ₄ | nitrid křemičitý |
| SK | slinutý karbid |
| V | volt |
| W | wat |
| Ah | ampérhodina |
| km/hod | kilometr za hodinu |